



①2

Gebrauchsmuster

U1

- (11) Rollennummer G 94 01 808.1
- (51) Hauptklasse H01S 3/036
- Zusätzliche
Information // H01S 3/225
- (22) Anmeldetag 03.02.94
- (47) Eintragungstag 01.06.95
- (43) Bekanntmachung
im Patentblatt 13.07.95
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes
Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von
Lasergas, insbesondere eines Excimerlasers
- (73) Name und Wohnsitz des Inhabers
Lambda Physik Gesellschaft zur Herstellung von
Lasern mbH, 37079 Göttingen, DE
- (74) Name und Wohnsitz des Vertreters
Behrens und Kollegen, 81541 München

03.02.94

Lambda Physik ...
1G-71 313
3. Februar 1994

**Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Lasergas,
insbesondere eines Excimerlasers**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Lasergas in einer Laserkammer, insbesondere in der Gasentladungskammer eines Excimerlasers.

Für den Betrieb von Excimerlasern ist die Temperatur des Lasergases ein wichtiger Parameter. Bei einem Excimerlaser versteht man unter dem Lasergas dasjenige Gasgemisch, mit dem in der sogenannten Laserkammer eine Gasentladung ausgeführt wird. Bei einem ArF-Excimerlaser enthält also das Lasergas Argon, Fluor und weitere Bestandteile. Der Begriff "Excimerlaser" ist hier im weiteren Sinn zu verstehen und umfaßt insbesondere auch Gasentladungslaser, in deren Gasentladung Excimere, Exciplexe und Trimere gebildet werden. Auch sind Moleküllaser, an deren Gasentladung Halogene beteiligt sind, also insbesondere F_2 -Laser, gemeint.

Es hat sich gezeigt, daß bei derartigen Lasern die Ausgangsleistung bei Temperaturen des Lasergases im Bereich von etwa 30 bis 50° C größer ist als z. B. bei Zimmertemperatur oder darunter. Besonders deutlich ist dieser Effekt bei dem Gasgemisch für einen ArF-Laser (193 nm) und bei dem Gasgemisch für einen F_2 -Moleküllaser (158 nm). Beide Lasertypen reagieren mit empfindlichen Leistungseinbrüchen, wenn die Temperatur des Lasergases auf Zimmertemperatur oder darunter abfällt.

9401808

Andererseits kann aber die Temperatur des Lasergases in den vorstehend genannten Lasern auch nicht beliebig erhöht werden. Z. B. steigen mit der Temperatur des Lasergases auch die Temperaturen der inneren Oberflächen der Laserkammer (diese Oberflächen stehen notwendigerweise in thermischem Kontakt mit dem Lasergas). Erhöhen sich aber die Oberflächentemperaturen, dann nimmt auch die Desorption von Gasen von den Oberflächen und aus dem darunterliegenden Material zu, so daß das Lasergas durch diese desorbierten Gase "verschmutzt" wird und es zu einem Leistungsabfall des Lasers kommt. Auch kann aus Sicherheitsgründen die Temperatur des Lasergases nicht beliebig erhöht werden.

Somit ergibt sich, daß das Lasergas für die oben genannten Lasertypen typischerweise in einem Bereich von etwa 30 bis 50° C zu regeln ist.

Es hat sich gezeigt, daß eine Regelung der Temperatur durch strömende Luft nicht ausreichend ist, insbesondere nicht bei einem industriellen Dauereinsatz eines Excimerlasers.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Lasergas in einer Laserkammer, insbesondere eines Excimerlasers, zu schaffen, die mit geringem Aufwand an Mitteln eine möglichst exakte Temperaturregelung ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Lösung dieser Aufgabe enthält

- einen in die Laserkammer ragenden Temperatursensor, der die Temperatur des Lasergases in der Kammer mißt und an eine Auswerte- und Steuerschaltung übermittelt,
- einen Temperiermittelzulauf und -ablauf, die mit einer Oberfläche in wärmeleitender Verbindung stehen, wobei die Oberfläche mit dem Lasergas in der Laserkammer in Kontakt steht, und
- eine Einrichtung zum wahlweisen Betätigen des Temperiermittelzulaufs und/oder Temperiermittelablaufs.

03.02.94

1G-71 313

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß der Temperatursensor gegen die Wandung der Laserkammer thermisch isoliert ist.

Bevorzugt wird Wasser als Temperiermittel verwendet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß als Einrichtung zum wahlweisen Betätigen des Temperiermittelzu- und/oder -ablaufs ein Ventil vorgesehen ist.

Der vorstehend genannte Temperiermittelzulauf kann also zum Zwecke einer Kühlung des Lasergases insbesondere direkt aus einer städtischen Wasserversorgung entnommen werden. Zum Zwecke einer Erwärmung des Lasergases kann das mit Umgebungstemperatur angelieferte Temperiermittel, insbesondere Stadtwasser, vor Einspeisung in den Temperiermittelzulauf über das Ventil durch einen handelsüblichen Durchlauferhitzer erwärmt werden. Lang- oder kurzfristige Änderungen der Temperatur des Stadtwassers (z. B. jahreszeitlich bedingt oder durch Ein- und Ausschalten von anderen Verbrauchern) oder der Temperatur des erwärmten Temperiermittels (z. B. aufgrund von Leistungsschwankungen des Durchlauferhitzers) ändern bei der erfindungsgemäßen Lösung die eingestellte Temperatur des Lasergases nicht, da diese Temperatur mittels des Sensors direkt im Lasergasreservoir gemessen wird.

Wird der Durchlauferhitzer bei Bedarf zuschaltbar vorgesehen, können unter Verwendung eines einzigen Temperiermittels wahlweise eine Kühlung und eine Erwärmung des Lasergases realisiert werden. Insbesondere kann das Lasergas vor Inbetriebnahme des Lasers auf eine gewünschte Temperatur erwärmt und dann auf dieser Temperatur gehalten werden.

Für die Temperaturregelung während des kontinuierlichen Betriebs des Lasers ist ausschließlich eine Kühlung erforderlich, da das Lasergas in der Laserkammer durch die Gasentladung selbst

9401808

aufgeheizt wird. Es braucht also nach der Startphase des Lasers, in der das Lasergas durch den Laserbetrieb selbst oder durch eine Erwärmung, wie nachfolgend beschrieben, aufgeheizt wird, abgewartet zu werden, bis die Temperatur des Lasergases sich einem gewünschten Sollwert nähert und es kann dann durch Kühlung die Temperatur des Lasergases auf diesen Sollwert geregelt werden, und zwar ganz einfach dadurch, daß der Temperiermittelzulauf unter Verwendung eines Kühlmittels dann betätigt (eingestellt) wird, wenn die Temperatur über den Sollwert zu steigen droht, während dann, wenn die Temperatur unter den Sollwert abzufallen droht, der Temperiermittelkreislauf nicht betätigt (ausgeschaltet) wird.

Im Betriebsablauf eines Lasers wird eine Erwärmung des Lasergases von außen (also nicht durch die Gasentladung) nur bei der Inbetriebnahme des Lasers erforderlich, um einen schnellen Betriebsbeginn zu ermöglichen, sowie bei intermittierendem Betrieb, in welchem durch Ruhezeiten des Lasers die Lasergastemperatur ohne zusätzliche Erwärmung abfallen würde. Zur Temperaturregelung in diesen Betriebsphasen wird ein Temperiermittel mit höherer Temperatur eingesetzt, das beispielsweise unmittelbar vor Einspeisung in den Temperiermittelkreislauf durch einen Durchlauferhitzer erwärmt wird. Die Temperaturregelung erfolgt in Analogie zu der vorab beschriebenen Kühlung, indem nach Feststellung der Unterschreitung des Temperatursollwertbereichs des Lasergases der Temperiermittelkreislauf über das Ventil betätigt, d. h. eingestellt wird. Droht in der Folge, daß die Temperatur über den Temperatursollwertbereich hinaus steigt, wird der Temperiermittelkreislauf über das Ventil ausgeschaltet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat den Vorteil, daß sie sehr wenig Komponenten für ihren Betrieb und somit wenig Platz braucht. Auch sind die erforderlichen Teile relativ kostengünstig. Überdies ist die erfindungsgemäße Vorrichtung insgesamt relativ leicht und benötigt wenig Energie.

Es hat sich gezeigt, daß mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine sehr hohe Regelgenauigkeit erreicht werden kann, z. B. eine Stabilisierung der Temperatur des Lasergases auf einen Wert von 35° C mit einer maximalen Schwankungsbreite von +/- 0,5° C und besser.

Die hohe Regelgenauigkeit wird auch dadurch erreicht, daß der Temperatursensor tief in das Lasergas in der Kammer eintaucht und nur eine möglichst geringe Wärmeleitung zur Wandung der Laserkammer aufweist. Dadurch nimmt der Temperatursensor sehr schnell die Temperatur des Lasergases an und wird nicht durch andere Temperaturen störend beeinflusst.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Lasergas in einem Excimerlaser und

Fig. 2 beispielhaft den zeitlichen Verlauf der Temperatur von Lasergas in einem Excimerlaser, dessen Temperatur mit einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 geregelt ist.

In Fig. 1 ist schematisch eine Laserkammer 10 eines Excimerlasers dargestellt. In der Laserkammer 10 findet in bekannter Weise die Gasentladung zwischen Elektroden statt. Das Lasergas ist also in der Wandung 10a der Laserkammer 10 eingeschlossen. Wie bei Excimerlasern heute weithin üblich, kann das Lasergas in einem Kreislauf (hier nicht gezeigt) geführt werden, der kontinuierlich Lasergas aus der Kammer 10 entnimmt und wieder zuführt, wobei das Lasergas in dem Kreislauf gereinigt wird.

In die Laserkammer 10 hineingeführt sind Leitungsrohre 12, durch die Wasser strömt. Ein Wasserzulauf 14 ist z. B. an einen

Wasserhahn einer allgemeinen Wasserversorgung (städtische Wasserversorgung) angeschlossen und führt Wasser zum Rohr 12. Das Wasser durchströmt das Rohr 12 und wird über einen Wasserablauf 16 abgeführt. Die Oberfläche 12a des Rohres 12 steht in thermischem Kontakt mit dem Lasergas im Inneren der Laserkammer 10. Die Oberfläche 12a des Rohres 12 ist in bekannter Weise durch Wendelung oder zusätzliche Wärmeleitrippen möglichst groß gestaltet, um einen wirksamen Temperatúrausgleich zwischen der Temperatur des strömenden Wassers und der Temperatur des Lasergases zu erreichen.

Ein Temperatursensor 22 ragt an eine Stelle in der Laserkammer 10, die einerseits den Laserbetrieb nicht stört und an der andererseits das Lasergas eine für die Kammer insgesamt repräsentative Temperatur aufweist.

Der Temperatursensor 22 ist druckdicht durch die Wandung 10a der Laserkammer 10 geführt und so gegen die Wandung 10a thermisch isoliert, daß die messende Spitze des Sensors eine Temperatur annimmt, die im Rahmen der hier gewünschten Genauigkeit ausschließlich der Temperatur des Lasergases entspricht.

Als Temperatursensor wird bevorzugt ein kommerziell unter der Bezeichnung PT100 bekanntes Produkt verwendet, das z. B. in einer dünnen Aluminiumhülse angeordnet ist und über eine relativ dicke Keramik- oder PTFE-Hülse durch die Wandung 10a der Laserkammer geführt ist. Der Temperatursensor ist damit druckdicht, vakuumdicht und halogenfest.

Das vom Temperatursensor 22 gelieferte Spannungssignal wird in einen Meßverstärker 24 eingegeben und anschließend wird das verstärkte Signal mittels eines Spannungs/Frequenz-Wandlers 26 in ein Frequenzsignal umgewandelt.

Eine Leitung 18 vom Temperatursensor 22 zum Meßverstärker 24 führt also ein elektrisches Signal. Das vom Wandler 26 erzeugte Frequenzsignal wird über einen Lichtwellenleiter 20 zu einer Auswerteschaltung 28 überführt, um dort beim gezeigten Ausführungsbeispiel so ausgewertet zu werden, daß jeweils über eine Sekunde die Meßsignale aufsummiert werden. Dabei beträgt beim gezeigten Beispiel die Temperaturauflösung $0,01^{\circ}\text{C}$. Die Auswerteschaltung 28 ist mit einer Steuerschaltung 30 des Lasers verbunden.

In der Wasserzuleitung 14 ist ein Kugelventil 32 angeordnet, um den Wasserstrom wahlweise zu unterbrechen bzw. in Gang zu setzen. Das Kugelventil 32 wird durch einen Motor 36 betätigt. Das Steuersignal für die Betätigung des Motors 36 wird über einen Lichtwellenleiter 34 von der Auswerteschaltung 28 bzw. Steuerung 30 übertragen. Die Stellinformation für den Motor 36 liegt in der Impulsbreite des über den Lichtwellenleiter übertragenen Signals.

Der Betrieb der vorstehend beschriebenen Vorrichtung ist wie folgt:

Beim ersten Einschalten des Lasers wird die Temperatur des Lasergases in der Regel etwa bei Zimmertemperatur liegen, also deutlich unterhalb eines gewünschten Sollwertes, der z. B. bei 35°C liegen kann. Der Temperatursensor 22 mißt diese Temperatur und entsprechend schließt die Steuerung 28/30 über den Motor 36 das Kugelventil 32. Somit wird das Lasergas in der Laserkammer in diesem Zustand nicht gekühlt. Mit dem Laserbetrieb heizt sich das Lasergas aber auf und mit Abständen von etwa 1 sec. werden die Temperaturen fortlaufend mittels des Temperatursensors 22 gemessen und in der oben beschriebenen Weise zur Auswerteschaltung und zur Steuerung 30 übermittelt. In die Steuerung ist eine Solltemperatur eingegeben, hier also z. B. 35°C . Nähert sich die Temperatur des Lasergases dem eingestellten

Sollwert, öffnet die Steuerung das Ventil 32, und zwar allmählich und somit wird eine Kühlung des Lasergases aufgrund des durch das Rohr 12 strömenden Wassers erreicht. Um Regelschwingungen zu vermeiden, wird das Ventil 32 nicht abrupt ein- bzw. ausgeschaltet, sondern, wie vorstehend erwähnt, allmählich geöffnet bzw. geschlossen. Auch erfolgt die Ventilsteuerung bereits vor Annäherung an die Solltemperatur, um ein "Überschies-sen" der Temperaturen über den Sollwert zu vermeiden. Analoges gilt für den umgekehrten Regelvorgang bei einer über den Sollwert erhöhten Temperatur des Lasergases. Für die Regelung bietet sich ein sogenannter FUZZY-Regler an.

Fig. 2 zeigt das Ergebnis der Temperaturregelung, also den Verlauf der Temperatur von Lasergas über der Zeit. Auf der Abszisse ist die Zeit in Minuten aufgetragen und auf der Ordinate die Temperatur in °C. Die Solltemperatur beträgt etwa 37,8° C. Begonnen wurde mit einer Repititionsrate des Lasers von 300 Hz, sodann wurde an dem markierten Zeitpunkt (nach etwa 5 min.) auf 200 Hz umgeschaltet und nach etwa weiteren fünf Minuten auf eine Repititionsrate von 100 Hz. Wie Fig. 2 zeigt, ist die Temperaturkonstanz besser als 0,2° C.

In einem zweiten, gegenüber der Fig. 1 erweiterten Ausführungsbeispiel ist im Bereich des Temperiermittelzulaufs unmittelbar vor das Ventil 32 ein Durchlauferhitzer geschaltet, der gleichfalls mit der Steuerung 30 in Verbindung steht. Der Durchlauferhitzer wird nur dann von der Steuerung 30 zugeschaltet, wenn ein in die Steuerung eingegebener Solltemperaturbereich unterschritten wird. Es wird dementsprechend in der Folge erwärmtes Temperiermittel dem Ventil 32 zugeführt. Die Temperaturmessung mittels des Temperatursensors 22 und die Übermittlung der Informationen zur Auswerteschaltung und zur Steuerung 30 erfolgen dabei, wie für die Vorrichtung der Fig. 1 beschrieben.

03.00.94

1G-71 313

Zu Beginn des Laserbetriebs sowie in Ruhephasen während eines intermittierenden Betriebes unterschreitet die Temperatur des Lasergases den in die Steuerung 30 eingegebenen Solltemperaturbereich. Daraufhin schaltet die Steuerung 30 den Durchlauferhitzer zu und öffnet das Ventil 32, wodurch eine Erwärmung des Lasergases aufgrund des durch das Rohr 12 strömenden, erhitzten Wassers erreicht wird. Nähert sich die Temperatur des Lasergases der Obergrenze des Sollwertbereiches, so schließt die Steuerung 30 das Ventil 32 und schaltet den Durchlauferhitzer ab.

Um den während des intermittierenden Betriebes auftretenden relativ langsamen Temperaturabfall zu korrigieren, kann das Ventil 32 auch allmählich geöffnet bzw. geschlossen werden. Auch erfolgt das Zuschalten des Durchlauferhitzer und die Ventilsteuerung bereits kurz vor dem Unterschreiten des Solltemperaturbereiches, um die Temperaturschwankungen im Lasergas möglichst gering zu halten.

Die Temperaturregelung während des kontinuierlichen Betriebs, zu welcher lediglich eine Kühlung erforderlich ist, erfolgt wie für die Vorrichtung der Fig. 1 beschrieben.

2097L

9401808

03.02.94

Lambda Physik ...
1G-71 313
3. Februar 1994

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zum Regeln der Temperatur von Lasergas in einer Laserkammer, insbesondere eines Excimerlasers,
 - mit einem in die Laserkammer (10) ragenden Temperatursensor (22), der die Temperatur des Lasergases in der Kammer (10) mißt und an eine Auswerte- und Steuerschaltung (20, 28, 30) übermittelt,
 - einem Temperiermittelzulauf (14) und einem Temperiermittelablauf (16), die mit einer Oberfläche (12a) in wärmeleitender Verbindung stehen, wobei die Oberfläche (12a) mit dem Lasergas in der Laserkammer (10) in Kontakt steht, und
 - einer Einrichtung (42) zum wahlweisen Betätigen des Temperiermittelzulaufs und/oder Temperiermittelablaufs.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursensor (22) gegen die Wandung (10a) der Laserkammer (10) thermisch isoliert ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß der Temperiermittelzu- und -ablauf (12, 14, 16) als Temperiermittel Wasser verwendet.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß als Einrichtung (42) zum wahlweisen Betätigen des Temperiermittelzulaufs ein Ventil vorgesehen ist.

9401808

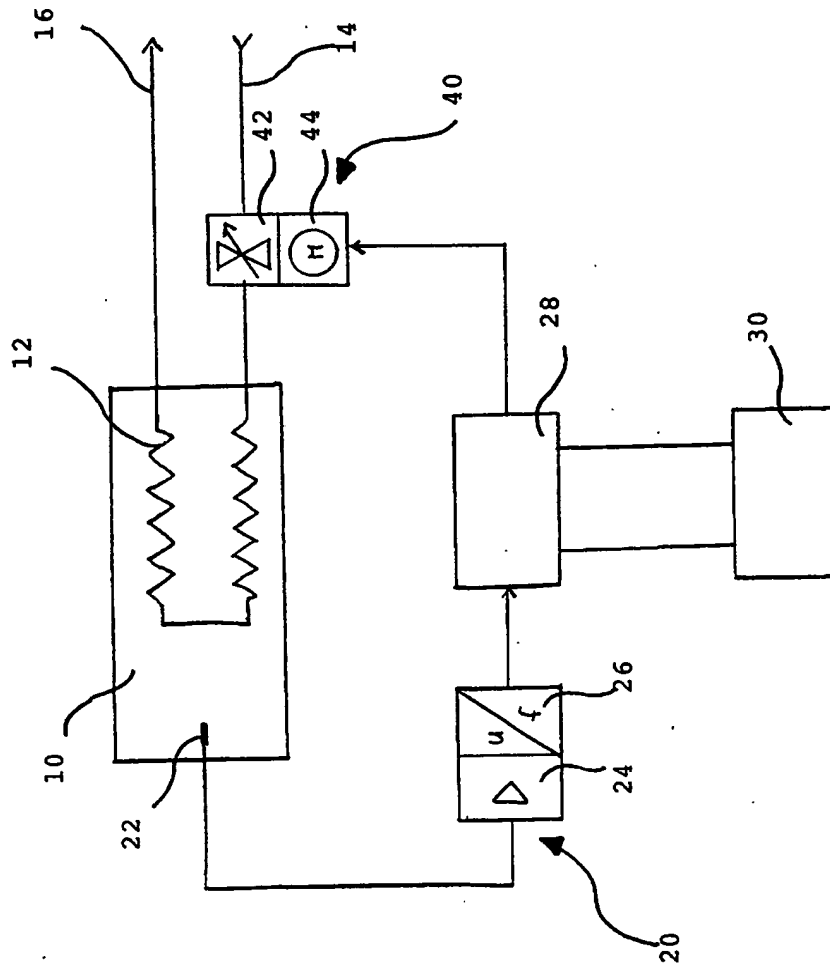


Fig. 1

03.02.94

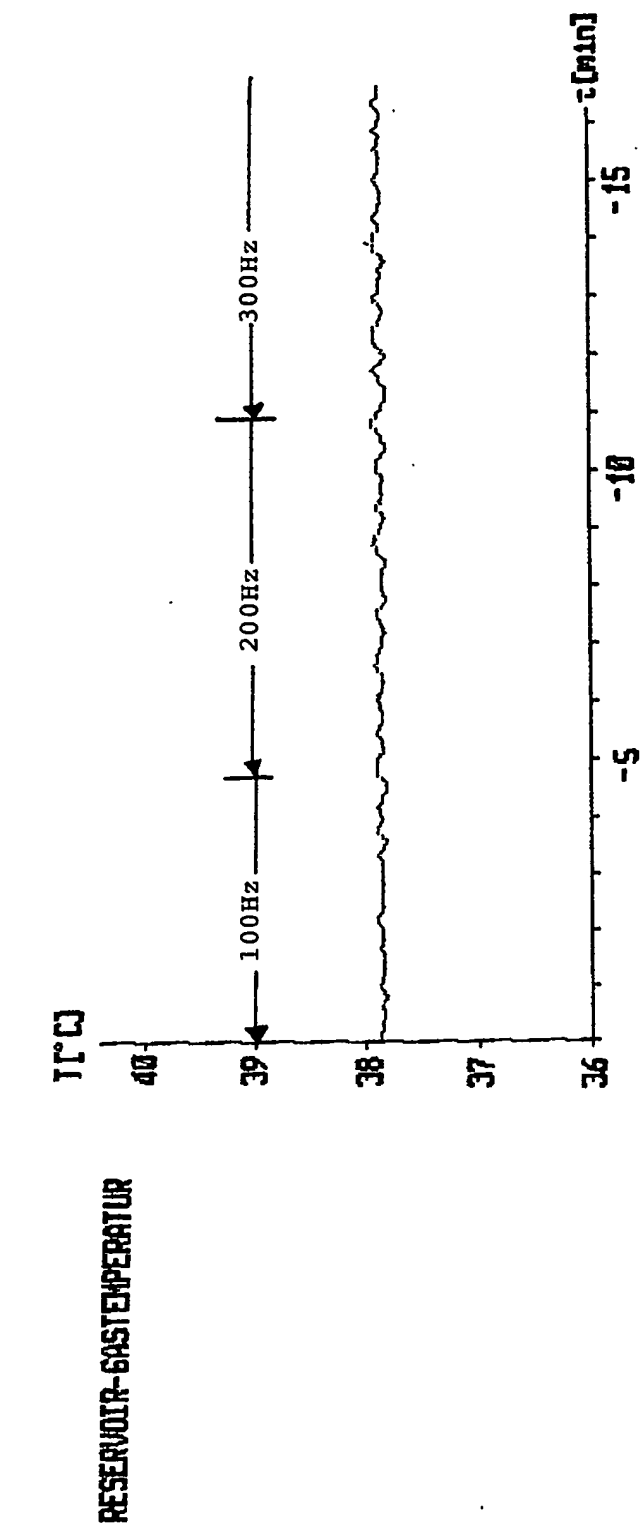


Fig. 2

03.02.94